

Rec'd PCT/PTO 23 JUL 2004

10/502337

PCT/SE 03 / 00101

**PRV**

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

Intyg  
Certificate

REC'D 07 FEB 2003

WIPO

PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande                      ABB AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    0200179-0  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      2002-01-23  
Date of filing

Stockholm, 2003-01-29

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

*Sonia André*  
Sonia André

Avgift  
Fee

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN

Postadress/Address  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

BEST AVAILABLE COPY

AWAPATENT AB

Kontor/Handläggare

Malmö/Lars Malmqvist/ABT

ABB AB

Ansökningsnr

Vår referens

SE-2011638

1

# ELEKTRISK MASKIN

## Tekniskt område

Föreliggande uppfinning hänför sig till en elektrisk maskin innefattande en kärna av magnetiskt material och en högspänningslindning i form av en elektrisk ledare lindad runt en första del av kärnan. Föreliggande uppfinning hänför sig även till en användning av en elektrisk maskin enligt ovan.

## Uppfinningens bakgrund

Elektriska maskiner som innefattar en högspänningslindning används i stor utsträckning i olika sammanhang i eltransmissions- och distributionsnät. Exempel på icke-roterande maskiner av det här slaget är transformatorer och reaktorer.

Med högspänning avses i det här sammanhanget spänningar över 1 kV.

Kända transformatorer innefattar förutom en högspänningslindning dessutom en lågspänningslindning, och traditionellt är högspänningslindningen och lågspänningslindningen anordnade runt en kärna av magnetiskt material. Vidare är isolerande skikt anordnade åtminstone mellan kärnan och den ena av lindningarna samt mellan lindningarna. Ofta utgörs de isolerande skikten av papper som är indränkt med olja. Nackdelen med dessa kända isolerande skikt är att de måste göras tjocka för att fungera tillfredsställande. En annan nackdel med dem är att handhavandet av dem medför föroreningsrisker. Dessa problem kan undvikas genom användande av fasta isolerande skikt. Ett exempel på en transformator med fast isolation beskrivs i den internationella ansökan WO 97/45847.

Nämnda transformator har en kabel lindad runt en kärna av magnetiskt material. Transformatorn löser problemet med läckage av miljöfarlig olja. Samma teknik kan användas

för att tillverka andra ickeroterande elektriska maskiner såsom exempelvis reaktorer.

I många fall är det relativt ont om plats på de ställen där en transformator ska placeras. Detta gäller  
5 exempelvis i de fall då transformatorn ska placeras inne i en tätort eller inne i en byggnad. I sådana fall hade det varit önskvärt att ha en mindre skrymmande transformator eller med en geometrisk form som är anpassad till de utrymmen som finns till förfogande. Exempelvis kan då  
10 transformatorn förläggas i en befintlig kabelgrav, längs en vägg eller under ett tak. I många fall är det dessutom önskvärt att åstadkomma en transformator med lägre vikt, exempelvis när transformatorn ska placeras i toppen av en kraftledningsstolpe.

15 När man distribuerar ström till bostäder vill man transformera ner spänningen till vanlig nätspänning så sent som möjligt för att minimera förlusterna. Vanligtvis transformerar man då ned spänningen från en spänning i storleksordningen 10 kV till 400 volt. I många länder är  
20 det vanligt att dylika transformatorer placeras i toppen av en stolpe. På grund av deras storlek är det emellertid stor risk att de blåser omkull, vilket förorsakar kostsamt underhålls- och reparationsarbete. Även i det här fallet är det önskvärt att minimera transformatorns  
25 storlek.

I många fall vill man ansluta en kabel till högspänningslindningen på en transformator enligt ovan. En sådan kabel innefattar traditionellt en kabelledare som är omsluten av en isolering. Anslutningen av högspänningslindningen till den elektriska kabeln kan göras på  
30 många olika sätt. Emellertid är det väsentligt att höga elektriska fält vid anslutningen undviks eftersom detta skulle kunna leda till elektriskt genomslag.

Således finns det behov av en elektrisk maskin med  
35 mindre dimensioner eller med annan geometrisk form än dagens så att ovan nämnda problem kan undvikas samtidigt

som höga elektriska fält undviks vid anslutningen av en kabel till högspänningslindningen.

Ett exempel på en elektrisk maskin som löser många av ovannämnda problem beskrivs i sökandens ej publicerade svenska ansökan 0003037-9, vilken ansökan införlivas härigenom hänvisningen.

I sökandens ovan nämnda ansökan 0003037-9 görs anslutningen av kabeln genom att kabeln skjuts in mellan transformatorns isolerande skikt varvid kabelledaren förbinds med högspänningslindningen. Ett problem vid sådan anslutning är det höga elektriska fält som kan uppstå i området där högspänningslindningen avslutas och där transformatorns isolation övergår till kabelns isolation, d v s i kabelavslutningen. Detta höga elektriska fält kan resultera i elektriskt genombrott till utsidan av transformatorn. För att styra det elektriska fältet i kabelavslutningsområdet har därför transformatorns första och andra isolerande skikt samt kabeln försetts med s k glimmskyddsskikt i området för kabelanslutningen. Dessa skikt har en olinjär resistivitet som funktion av det elektriska fältet och deras funktion är att jämna ut det elektriska fältet. I vissa tillämpningar, som till exempel i tillämpningar med högspänningsfördelningar med branta spänningsderivator vid höga frekvenser, skulle det dock vara önskvärt med ett alternativ till glimmskyddsskikten. Man får nämligen värmeutveckling i skikten samtidigt som spänningsfördelningen varierar för olika frekvenser.

Således finns det ett behov av en elektrisk maskin med en annan utformning än dagens kända, så att ovan nämnda problem kan undvikas även i tillämpningar med högspänning med branta spänningsderivator vid höga frekvenser.

#### Sammanfattning av uppfinningen

Ett ändamål med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla en elektrisk maskin som löser åtminstone ett av de ovan diskuterade problemen.

Ett annat ändamål med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla en elektrisk maskin med en högspänningslindning vilken tillåter flexibel placering och vilken tillåter inkoppling av en elektrisk högspänningskabel utan att det uppstår höga elektriska fält vid högspänningskabeln då en elektrisk högspänning läggs på den elektriska maskinen.

Ett annat ändamål med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla en användning av en elektrisk maskin enligt uppfinningen.

Åtminstone ett av dessa ändamål uppfylls med en elektrisk maskin och en användning enligt de vidhängande patentkraven.

En elektrisk maskin enligt uppfinningen innefattar en kärna av magnetiskt material, ett första isolerande skikt av ett fast elektriskt isolerande material som omsluter kärnan, en högspänningslindning i form av en elektrisk ledare lindad runt en första del av det första isolerande skiktet, ett fältutjämnande organ anordnat runt en andra del av det första isolerande skiktet och ett andra isolerande skikt av ett fast elektriskt isolerande material som omsluter högspänningslindningen och det fältutjämnande organet. Det fältutjämnande organet innefattar åtminstone ett första delorgan i form av en lindning. En elektrisk kabelledare är avsedd att anslutas till högspänningslindningen vid det fältutjämnande organet.

Den elektriska maskinen enligt uppfinningen innefattar företrädesvis, förutom ett första delorgan, också ett andra delorgan i form av en lindning.

I fallet att maskinen endast innefattar en lindning är den utformad så att den omsluter både kärnan och kabelledaren när den är ansluten till högspänningslindningen.

Genom att ha ett fältutjämnande organ i form av lindningar är det möjligt att undvika elektriskt överslag vid anslutning av en kabel till maskinen.

Genom att använda ett fast isolationsmaterial möjliggörs ett betydligt mindre avstånd mellan högspänningslindningen och kärnan. Detta möjliggör en betydligt mindre elektrisk maskin än vad som är möjligt med andra typer av isolationsmaterial eller en maskin med betydligt bättre verkningsgrad.

De isolerande skikten utgörs med fördel av polymer-rör. Detta medför att rören kan tillverkas i en löpande process genom extrudering, vilket är en väl utvecklad tillverkningsteknik. Alternativt kan isolationen extruderar direkt mot kärnan.

Med elektriska maskiner, såsom t ex med transformatorer vilka har en isolering av den ovan nämnda typen, uppstår det, som ovan nämnts, ibland problem i form av ett högt elektriskt fält vid en anslutning av en elektrisk ledare. Det fältutjämnande organet i den elektriska maskinen enligt föreliggande uppfinning möjliggör en styrning av det elektriska fältet i anslutningsområdet så att det inte blir för högt varvid elektriskt genombrott undviks. Detta innebär en betydligt säkrare anslutning mellan transformator och kabel så att risken för elektriskt genomslag minskar kraftigt.

Den elektriska ledaren är företrädesvis lindad runt kärnan i huvudsakligen tangentiell riktning i förhållande till kärnans längdaxel.

Kärnan har företrädesvis huvudsakligen cylindrisk form, och med fördel huvudsakligen cirkulär cylindrisk form. Detta medför att de isolerande skikten företrädesvis har ett cirkulärt tvärsnitt. Av praktiska skäl kan dock kärnans, och således även de isolerande skiktens, form avvika från den här formen. Kärnan är med fördel uppbyggd av ett flertal plåtar för undvikande av virvelströmmar i kärnan.

En elektrisk maskin enligt föreliggande uppfinning har företrädesvis det första delorganet lindat så att det är närliggande utsidan på det första isolerande skiktet och det andra delorganet lindat så att det är närliggande

insidan på det andra isolerande skiktet. Eftersom de isolerande skikten, såsom nämnts ovan, företrädesvis har cirkulära tvärsnitt så innebär det att även de båda delorganen företrädesvis har cirkulära tvärsnitt. Vidare  
5 kan det nämnas att eftersom de båda isolerande skikten är anordnade runt kärnan med ett avstånd från varandra, så har också de båda delorganen ett inbördes avstånd. De båda delorganen har företrädesvis samma potential och de drar var för sig isär det elektriska fältet i axiell  
10 ledd.

De första och andra delorganen i en elektrisk maskin enligt föreliggande uppfinning är enligt en utföringsform var för sig anslutna till jord i en ände. Genom att ena  
15 änden av delorganen ansluts till jord, knyts potentialen för delorganen till varandra så att potentialen för delorganen är lika vid samma läge i maskinens längdriktning.

Nämnda första och andra delorgan är enligt en annan utföringsform var för sig anslutna till en högspänningslindning i en ände.

20 Företrädesvis är delorganen var för sig anslutna till en jordanslutning i en första ände och till en högspänningslindning i en andra ände för undvikande av stora spänningsderivator i ändarna.

För att kunna använda den elektriska maskinen måste  
25 en elektrisk kabelledare anslutas till högspänningslindningen. Anslutningen av högspänningslindningen till den elektriska ledaren kan göras på många olika sätt. En elektrisk kabelledare som är ansluten till högspänningslindningen är företrädesvis omsluten av ett tredje isolerande skikt av ett elektriskt isolerande material.  
30 Ledaren är delvis anordnad mellan det första och det andra isolerande skiktet, alltså företrädesvis mellan nämnda första och andra delorgan.

När den elektriska maskinen enligt föreliggande uppfinning är inkopplad till en växelspanning, finns det ett  
35 magnetiskt flöde i kärnan. Det magnetiska flödet kan användas i samband med ett induktivt fältutjämnande organ

för att styra det elektriska fältet. Då utnyttjas det faktum att det induceras en spänning över en slinga som befinner sig i ett magnetiskt fält.

Det fältutjämnande organet är företrädesvis integrerat med den elektriska maskinen.

Enligt en utföringsform kan det fältutjämnande organet istället för att vara integrerat med den elektriska maskinen, utgöra en enhet med kabeln, vilken enhet skjuts in i transformatorn vid kabelanslutning.

För bästa möjliga induktiva styrning av det elektriska fältet är antalet lindningsvarv för nämnda första och andra delorgan företrädesvis lika.

Vidare är antalet lindningsvarv för nämnda första och andra delorgan enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning valda så att den inducerade spänningen över vardera delorganet blir den samma som över högspänningslindningen. Detta innebär att antalet lindningsvarv för högspänningslindningen är det samma som för de båda delorganen. Eftersom det magnetiska flödet i kärnan är gemensamt för de båda delorganen kommer varje varv i dessa att ha samma varvspänning. Detta resulterar i en väsentligen linjärt avtagande spänningsfördelning i anslutningsområdet samtidigt som man undviker resistiva effektförluster på grund av en nettoström i delorganen.

Delorganen innefattar företrädesvis var sin lackad tråd. Detta gör att man kan använda vanlig elektrisk tråd i delorganen.

Ett alternativ till den föredragna utföringsformen ovan, i vilken det fältutjämnande organet är induktivt, är att använda ett kapacitivt fältutjämnande organ.

I fallet med det kapacitiva fältutjämnande organet innefattar nämnda första och andra delorgan företrädesvis var sitt band som lindas i överlappande varv så att en kapacitiv koppling bildas mellan varje varv. Det elektriska fältet kan då styras genom att spänningen fördelas över varven så att den minskar då avståndet från högspänningslindningen ökar.



I ett kapacitivt fältutjämnande organ enligt föreliggande uppfinning kan banden lindas på olika sätt för uppnående av olika stigningar för olika delar av delorganen. Banden lindas företrädesvis så att en väsentligen linjär spänningsfördelning över delorganens längd 5 erhålles, vilket är det samma som att spänningen över varje varv är lika stor.

För att det fältutjämnande organet ska kunna fungera kapacitivt används företrädesvis band innefattande en 10 isolerande film och en halvledande film. Enligt en föredragen utföringsform är den isolerande filmen anordnad ovanpå den halvledande filmen. När ett band med den konstruktionen lindas i överlappande varv erhålles en lindning bestående av halvledande områden separerade av 15 isolerande områden.

En kapacitiv lindning enligt ovan kommer emellertid även att fungera som en spole. För undvikande av resistiva förluster måste antalet lindningsvarv i delorganen därför anpassas till antalet lindningsvarv i högspänningslindningen på samma sätt som i fallet med det induktiva fältutjämnande organet. Antalet lindningsvarv i högspänningslindningen är emellertid stort. Av den anledningen blir delorganen i det kapacitiva fältutjämnande organet så pass utrymmeskrävande att det blir praktiskt 20 orealiserbart, varför det induktiva fältutjämnande organet är att föredra framför detta kapacitiva.

Ett alternativ till bandet enligt ovan är ett band innefattande en metalliserad film med regelbundna avbrott i metalliseringen i en längdriktning för filmen. Med ett 30 band enligt denna utföringsform uppstår inga resistiva förluster, varför en sådan metalliserad film är att föredra framför en isolerande film ovanpå en halvledande film.

Vid tillverkning av den elektriska maskinen är det 35 svårt att undvika luftfickor mellan vart och ett av de isolerande skikten och högspänningslindningen. Om det finns luftfickor kommer det att uppstå glimning vilket

med tiden kan bryta ned det isolerande skiktet. Det här är ett problem i första hand vid spänningar över 1-2 kV och i synnerhet vid spänningar över 10 kV. Ett sätt att undvika problemet är att i de isolerande skikten använda sig av ett material som står emot glimning. Emellertid är det svårt att hitta material som är motståndskraftiga mot glimning och samtidigt har hög elektrisk hållfasthet.

För att man ska kunna dra största möjliga nytta av att man använder ett fast isolationsmaterial även vid höga spänningar är det därför fördelaktigt att den elektriska maskinen även innefattar ett första halvledande skikt som är i kontakt med och omslutes av det första isolerande skiktet, ett andra halvledande skikt anordnat mellan det första isolerande skiktet och högspänningslindningen i kontakt med både det första isolerande skiktet och högspänningslindningen, ett tredje halvledande skikt anordnat mellan det andra isolerande skiktet och högspänningslindningen i kontakt med både det andra isolerande skiktet och högspänningslindningen, och ett fjärde halvledande skikt som är i kontakt med, och omsluter, det andra isolerande skiktet.

För bästa möjliga funktion är det viktigt att de halvledande skikten är i kontakt med respektive isolerande skikt.

När en elektrisk maskin enligt föreliggande uppfinning ansluts till en spänningskälla som avger en spänning med branta spänningsderivator, blir spänningsfördelningen över högspänningslindningen starkt olinjär. Orsaken till detta är att de varv av högspänningslindningen som är närmast spänningsanslutningen får uppta en mycket stor del av den totala spänningen. Av denna anledning är den elektriska maskinen enligt föreliggande uppfinning företrädesvis försedd med ett flödesskärmmorgan, vilket har till uppgift att styra det magnetiska flödet i kärnan.

Flödesskärmmorganet omsluter kärnan och är företrädesvis anordnat mellan kärnan och det första isolerande

skiktet, företrädesvis mellan kärnan och det första halvledande skiktet.

Flödesskärmorganet innefattar företrädesvis ett rör av ett elektriskt ledande ickemagnetiskt material, vilket 5 rör är anordnat innanför det första isolerande skiktet och vilket omsluter och är i kontakt med eller är närliggande kärnan. När den elektriska maskinen belastas med en spänning rör sig en ström genom högspänningslindningen och det finns ett magnetiskt flöde i kärnan. Det bildas 10 inducerade strömmar i röret, vilka strömmar hindrar det magnetiska flödet från att läcka ut ur kärnan och tvingar det att följa den del av kärnan som är omsluten av röret. Detta resulterar i en väsentligen linjär spänningsfördelning över kärnan.

15 Röret som omsluter kärnan har företrädesvis en slits längs rörets hela längd för att den elektriska maskinen inte ska kortslutas.

Ovan nämnda rör är företrädesvis av aluminium eftersom aluminium har ovanstående nödvändiga egenskaper och 20 dessutom är lätt och formbart. Emellertid skulle röret kunna vara av någon annan ickemagnetisk metall såsom koppar.

Företrädesvis är en slitsisolerande film av ett elektriskt isolerande material anordnad i den ovan beskrivna slitsen i röret, för att säkerställa att det inte 25 kan uppstå elektrisk kontakt mellan rörets längsgående slitsade kanter om slitsen trycks ihop. Materialet är exempelvis någon elektriskt isolerande plast. Vidare är företrädesvis en metallfolie av en ickemagnetisk metall 30 anordnad över nämnda slits och slitsisolerande film för att förhindra ett lokalt flödesläckage vid slitsen. Metallfolien är i kontakt med röret på en av slitsens sidor.

Med fördel är metallfolien åtminstone lika tjock 35 som inträngningsdjupet vid den aktuella frekvensen.

Det är fördelaktigt att överlappet är så stort att läckage vid slitsen minimeras.

Enligt en fördelaktig utföringsform omsluter metallfoliens mellan 10% och 25% av den elektriska maskinens omkrets.

Ur läckagesynpunkt är vinsten liten med att låta metallfolien omsluta mer än 25% av den elektriska maskinens omkrets.

Med fördel kan en elektrisk maskin med tre parallella kärnor och lindningar enligt uppfinningen användas för transformering av trefas högspänning till nätspänning.

En elektrisk maskin enligt uppfinningen används enligt en utföringsform arbetande mot fyrkantsspänning som i tillämpningar med högspänd likström.

En elektrisk maskin enligt uppfinningen är enligt en annan utföringsform en reaktor.

Ovanstående särdrag kan givetvis kombineras i samma utföringsform.

För att ytterligare belysa uppfinningen kommer i det följande detaljerade utföringsformer av uppfinningen att beskrivas, utan att emellertid uppfinningen ska anses begränsad härtill.

#### Kort beskrivning av ritningarna

Figur 1 visar en elektrisk maskin med tre sammankopplade kärnor enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning.

Figur 2 är en tvärsnittsvy vid A av en del av den elektriska maskinen enligt den föredragna utföringsformen av föreliggande uppfinning i figur 1.

Figur 3 är en tvärsnittsvy vid B i figur 2.

Figur 4 visar anslutningen av en kabel till en elektrisk maskin enligt den föredragna utföringsformen av föreliggande uppfinning.

Figur 5 är en motsvarande figur 3 för en alternativ utföringsform av föreliggande uppfinning.

Figur 6 är en förstoring av en detalj i figur 5.

Figur 7 illustrerar hur en flödesskärm enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning fungerar.

Figur 8 visar flödesskärmen enligt den föredragna utföringsformen.

Figur 9 visar anslutningen av en kabel till en elektrisk maskin enligt en alternativ utföringsform av föreliggande uppfinning då det fältutjämnande organet endast innefattar ett delorgan.

Figur 10 visar anslutningen av en kabel till en elektrisk maskin enligt en alternativ utföringsform av föreliggande uppfinning.

Figur 11 visar en utföringsform av föreliggande uppfinning varvid det fältutjämnande organet utgör en enhet med kabeln.

#### Beskrivning av föredragna utföringsformer

I fig 1 visas en elektrisk maskin enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning i form av en trefastransformator 1 som består av tre enfastransformatorer 2, 3, 4. Enfastransformatorernas kärnor 5 är sammankopplade med ok 6, 7 i båda ändarna. Högspänningskablar 9 är anslutna till högspänningslindningar i enfastransformatorerna och lågspänningskablar 8 är anslutna till lågspänningslindningar i enfastransformatorerna. Transformatorn i figur 1 är betydligt mera långsträckt än traditionella transformatorer och kan därför placeras i långsmala utrymmen såsom kabelgravar och dylikt.

I figur 2 visas ett tvärsnitt av en av enfastransformatorerna 2, 3, 4 vid A i figur 1. I figur 3 visas ett tvärsnitt av samma enhetstransformator vid B i figur 2. Transformatorn är en högspänningstransformator som arbetar mot fyrkantsspänning. Enfastransformatorn innefattar en järnkärna 10 vilken är uppbyggd av ett flertal plåtar 11 som sträcker sig i järnkärnans längdriktning vinkelrätt mot figurens plan. För åskådlighetens skull visas endast en plåt 11 i figur 2. Järnkärnan 10 är omsluten av en flödesskärm i form av ett aluminiumrör 12, vilken

flödesskärm har till funktion att styra det magnetiska flödet i kärnan. Ett första halvledande skikt 13 omger aluminiumröret 12. Skiktet 13 är i sin tur omslutet av ett första isolerande skikt 14 av en polymer. En första  
5 del 16 av det första isolerade skiktet 14 omges av ett andra halvledande skikt 15 och runt detta är en högspänningslindning 17 i form av en elektrisk ledare lindad. Högspänningslindningen 17 utgörs företrädesvis av lackad koppartråd. Runt en andra del 18 av det första isolerande  
10 skiktet 14 är ett fältutjämnande organ 19 anordnat. Det fältutjämnande organets 19 funktion är att styra det elektriska fältet i transformatorns ändavslutning, d v s det område där en extern anslutningskabel ska anslutas, vilket område saknar högspänningslindning. Högspännings-  
15 lindningen 17 är belagd med ett tredje halvledande skikt 21. Det fältutjämnande organet 19 och det tredje halvledande skiktet 21 är i sin tur omslutna av ett andra isolerande skikt 20 av en polymer, vilket skikt är belagt med ett fjärde halvledande skikt 22 på sin utsida. I  
20 denna utföringsform har det andra isoleringsskiktet 20 fasats ner i området för transformatorns ändavslutning 18 så att tjockleken på det andra isolerande skiktet avtar med avståndet från högspänningslindningen, vilket underlättar anslutningen av en extern anslutningskabel. Det  
25 finns dock flera andra möjliga utformningar på det andra isoleringsskiktet. Enligt en utföringsform är det jämntjockt, varvid det töjs ut vid anslutningen av kabeln. Utanför det fjärde halvledande skiktet 22 finns det anordnat en lågspänningslindning 23 och ytterligare ett  
30 isoleringsskikt 24.

Funktionen för de halvledande skikten 13, 15, 21, 22 är att utjämna det elektriska fältet. De halvledande skikten är anordnade som integrerade delar av det första isolerande skiktet respektive det andra isolerande skikt-  
35 et. De har en ytresistans i intervallet  $10^5$ - $10^8 \Omega$ . Därigenom får man en lagom stor ledningsförmåga för att

jämna ut det elektriska fältet samtidigt som man inte får alltför stora förluster.

Polymeren i de isolerande skikten är exempelvis silikongummi. De isolerande skikten är anpassade till den spänning som transformatorn är avsedd för och är i det här fallet ungefär 10 mm tjocka då transformatorn är avsedd för 50 kV. De halvledande skikten består av samma sorts polymer som de isolerande skikten, vilken polymer har blivit halvledande genom att sotpartiklar har blandats i.

I utföringsformen i figur 3 är ändavslutningen induktiv. Det fältutjämnande organet 19 utgörs av två stycken delorgan i form av tunna lackerade trådar 25, 26 som bildar lindningar 27, 28 runt kärnan. Lindningarna 27 och 28 är lindade i samma antal varv runt kärnan. Den ena tråden 25 är lindad så att den resulterande lindningen 27 är närliggande utsidan på det första isolerande skiktet 14. Den andra tråden 26 är lindad så att den resulterande lindningen 28 är närliggande insidan på det andra isolerande skiktet 20. Enligt en föredragen utföringsform är lindningarna 27, 28 ingjutna i silikon så att de var för sig bildar ett rörformigt organ. Dessa organ är företrädesvis inskjutna runt kärnan så att de kommer i kontakt med utsidan på det första isolerande skiktet respektive insidan på det andra isolerande skiktet. De båda lindningarna 27, 28 har samma potential och drar var för sig isär det elektriska fältet i axiell ledd.

Eftersom det andra isolerande skiktet är nedfasat, varierar avståndet mellan de båda lindningarna med avståndet från högspänningslindningen. Detta betyder att det finns ett utrymme 29 mellan de båda lindningarna vilket är som störst där tjockleken på det andra isolerande skiktet är som minst. Efter anslutningen av en kabel till transformatorn, dvs efter att en kabel har skjutits in mellan det första och det andra isolerande skiktet, gjuts utrymmet 29 igen runt kabeln för undvikande av överslag. En ände 25a, 26a på var och en av de lackerade trådarna

25 respektive 26 är ansluten till jord och den andra  
änden 25b, 26b till högspänningslindningen 17. Enligt en  
utföringsform kan det fältutjämnande organet, eventuellt  
i form av de ovan beskrivna rörformiga organen, istället  
5 för att vara integrerat med transformatorn, utgöra en  
enhet med kabeln, vilken enhet skjuts in i transformatorn  
vid kabelanslutning.

Figur 4 visar en anslutningskabel 30 ansluten till  
transformatorn i figur 2, 3. Anslutningskabeln 30 utgörs  
10 av en elektrisk kabelledare 31 som är omsluten av ett  
tredje isolerande skikt 32. Ledaren 31 är ansluten till  
transformatorns högspänningslindning 17 och anordnad  
mellan det första och det andra isolerande skiktet 14  
respektive 20. Anslutningskabeln 30 har ett cirkulärt  
15 tvärsnitt. Dess isolerande skikt 32 är företrädesvis  
nedfasat så att anslutningskabeln 30 har en konisk form  
i den ände som ska anslutas till transformatorn så att  
den lätt kan skjutas in i utrymmet 29 mellan transforma-  
tors första och andra isolerande skikt 14 och 20, d v s  
20 mellan lindningarna 27 och 28.

När en anslutningskabel ska anslutas till en känd  
transformator finns ofta problem i form av det höga elek-  
triska fältet som uppstår i området där transformatorns  
isolering möter anslutningskabelns isolering. Funktionen  
25 för det fältutjämnande organet är att motverka detta  
problem genom att styra det elektriska fältet.

När transformatorn i figur 4 påförs en spänning går  
det en ström genom högspänningslindningen. Detta ger upp-  
hov till ett magnetiskt flöde i kärnan och till en indu-  
cerad spänning över lindningarna 27 och 28. I det fält-  
30 utjämnande organet i figur 4 är antalet lindningsvarv,  
d v s antalet varv tråd lindad kring kärnan, samma för  
de båda lindningarna 27, 28 och högspänningslindningen.  
I och med detta blir den inducerade spänningen över var-  
35 dera lindningen 27, 28 samma som spänningen över högspän-  
ningslindningen. Eftersom det magnetiska flödet i kärnan  
är gemensamt för de båda lindningarna kommer varje varv i



lindningarna 27 och 28 att ha samma varvspänning. Detta innebär att spänningsfördelningen i området för ändavslutningen kommer att avta linjärt med avståndet från högspänningslindningen. Resultatet blir ett lågt elektriskt fält i utrymmet mellan lindningarna som de glesa fältlinjerna 33 illustrerar.

Figur 5 visar en alternativ utföringsform av föreliggande uppfinning i vilken ändavslutningen är kapacitiv. För åskådlighetens skull har flera detaljer utelämnats i figuren. Det fältutjämnande organet 34 utgörs i detta fall av två stycken band 35, 36 som är lindade i koncentriskt, överlappande varv så att en kapacitiv koppling bildas mellan varje varv och lindningar 37 respektive 38 bildas runt kärnan. Precis som i ovanstående fall är det ena bandet 35 lindat så att den resulterande lindningen 37 är närliggande utsidan på det första isolerande skiktet 14. Det andra bandet 36 är lindat så att den resulterande lindningen 38 är närliggande insidan på det andra isolerande skiktet 20. Banden är lindade så tätt att en väsentligen linjär spänningsfördelning över lindningarnas längd erhålles, och de är anslutna till jord i en ände och till högspänningslindningen i den andra änden.

Figur 6 är en förstoring av området inom den streckade cirkeln 39 i figur 5 enligt en utföringsform av föreliggande uppfinning. I figur 6 visas den resulterande lindningen när ett band 40 har lindats i överlappande varv runt kärnan, vilket band består av en tunn isolerande film 41 som är anordnad ovanpå en halvledande film 42. Resistansen för den halvledande filmen 42 väljs så låg att de kapacitiva förskjutningsströmmarna inte bidrar nämnvärt till värmeutvecklingen i de isolerande skikten. Resistansen väljs samtidigt så hög att varvspänningen inte utvecklar för mycket värme. Yt resistans för den halvledande filmen är således företrädesvis större än  $10\Omega$  och mindre än  $1000\Omega$ . Alternativt kan bandet bestå av en metalliserad film, t ex en film belagd med aluminium

eller zink, vilken film är försedd med regelbundna avbrott i beläggningen i längdriktningen, så kallad segmenterad metallisering. Med denna sista utföringsform undviks alla förluster, såsom läckström, som finns i samband med bandet i figur 6.

I figur 7a illustreras funktionen för flödesskärmen 12 i de föregående figurerna enligt en föredragen utföringsform av föreliggande uppfinning. I figur 7b visas resultatet utan flödesskärmen. För att tydliggöra funktionen har figurerna förenklats på så sätt att en del detaljer, t ex de halvledande skikten och det fältutjämnande organet, har utelämnats. I figurerna finns en kärna 43 som i figur 7a är omgiven av en omagnetisk flödesskärm i form av ett aluminiumrör 44, vilket rör saknas i figur 7b. Istället innesluter ett första isolerande skikt 45 kärnan i figur 7b. Ett första isolerande skikt 45 innesluter aluminiumröret och kärnan i figur 7a. En högspänningslindning 46 och därefter ett andra isolerande skikt 47 är sedan anordnade runt de första isolerande skikten 45 och 45' i figur 7a respektive 7b. Fältlinjerna 48 och 48' illustrerar den magnetiska flödesfördelningen i kärnan med, respektive utan, flödesskärmen 44 när transformatorn ansluts till en spänningskälla som avger en spänning med branta spänningsderivator, t ex en fyrkantsvåg. De branta spänningsderivatorna gör att spänningsfördelningen över högspänningslindningen 46 blir starkt olinjär då de varv av högspänningslindningen som är närmast spänningsanslutningen får uppta en mycket stor del av den totala spänningen. När transformatorn belastas med en fyrkantspuls börjar en ström 49 att röra sig genom högspänningslindningen. Detta ger upphov till ett magnetiskt flöde i kärnan, vilket flöde vill läcka ut ur kärnan. I figur 7b illustreras hur ett magnetiskt delflöde 50 läcker ut ur kärnan vid 51. I figur 7a illustreras hur det magnetiska flödet (visat med fältlinjer 48) istället följer hela kärnan. Flödesskärmen 44 styr således det magnetiska flödet genom att hindra det från att läcka ut

ur kärnan. Strömmen som rör sig genom högspänningslindningen ger nämligen upphov till en inducerad ström i aluminiumröret, vilken fördelar sig så att flödet inte kan läcka ut ur kärnan. Eftersom det magnetiska flödet inte kan gå igenom den omagnetiska flödesskärmen av aluminium blir flödet i kärnan lika stort överallt.

Figur 8 visar flödesskärmen enligt den föredragna utföringsformen av föreliggande uppfinning för sig själv. Figur 8a är en perspektivvy över flödesskärmen i form av aluminiumröret 52. Röret 52 är försett med en slits 53 för att en transformator enligt ovan inte ska kortslutas, vilken slits är parallell med centrumaxeln för röret. Figur 8b visar röret 52 med slitsen 53 i tvärsnitt. Figuren visar att slitsen i den föredragna utföringsformen av föreliggande uppfinning inte går rakt igenom rörets vägg. Slitsen är istället tvärgående för att de längsgående parallella slitsade rörkanterna ska ligga omlott. Figur 8c visar en förstoring av den del av figur 8b som visar slitsen och området kring denna. En slitsisolerande film 54 är anordnad i slitsen för att säkerställa att de parallella rörkanterna inte kommer i kontakt med varandra. Vidare är en aluminiumfolie 55 anordnad så att den täcker slitsen 53 och den slitsisolerande filmen 54 för att på så sätt lokalt minimera flödesläckaget vid slitsen. Aluminiumfolien 55 är ansluten till en av de parallella rörkanterna 56 i slitsen. Enligt en utföringsform av uppfinningen är metallfolien åtminstone lika tjock som inträngningsdjupet vid den frekvens som den elektriska maskinen är konstruerad för. Enligt en utföringsform omsluter metallfolien mellan 10% och 25% av den elektriska maskinens omkrets.

Fig 9 och fig 10 visar schematiskt en elektrisk maskin enligt en utföringsform av uppfinningen med endast ett fältutjämnande organ i form av lackad tråd 56 lindad runt såväl kärnan 57 som kabeln bestående av en ledare 58 och en isolering 59. I fig 9 visas snittet betecknat B-B i fig 10. I fig 10 visas snittet betecknat A-A i fig 9.

På båda sidor om högspänningslindningen 60 är det anordnat isolerande skikt 61. Det fältutjämnande organet löper två varv runt kabeln för varje varv det löper runt kärnan.

5       Figur 11 visar en utföringsform av föreliggande uppfinning varvid det fältutjämnande organet 62 i form av en lindning utgör en enhet 63 tillsammans med kabeln 64. Kabeln är instucken i en isolerande hylsa 65 i vilken det fältutjämnande organet är integrerat i form av en lindning 62. Änden 66 av tråden som utgör lindningen 62 är frilagd i den av hylsans ändar som är avsedd att vara i kontakt med högspänningslindningen. Detta medför att det fältutjämnande organet kan komma i kontakt med högspänningslindningen.

15       De ovan beskrivna utföringsformerna ska endast ses som exempel. En fackman inom området inser att ovanstående utföringsformer kan varieras på ett antal sätt utan att frånga uppfinningstanken. Exempelvis behöver inte sotpartiklar användas i de halvledande skikten. Alternativt kan istället andra ämnen såsom metalloxider användas.

Givetvis behöver inte slitsen i röret vara tvärgående utan den kan gå rakt genom rörväggen.

25       Flödesskärmen behöver inte vara av aluminium utan den kan vara av något annat omagnetiskt material såsom koppar.

Om något annat material än aluminium används i en flödesskärm i form av nämnda rör, används med fördel en folie av detta andra material för att sluta röret.

30

## PATENTKRAV

1. Elektrisk maskin innefattande en kärna (10) av  
5 magnetiskt material, ett första isolerande skikt (14)  
av ett fast elektriskt isolerande material som omsluter  
kärnan, en högspänningslindning (17) i form av en  
elektrisk ledare lindad runt en första del (16) av det  
första isolerande skiktet, ett fältutjämnande organ (19)  
10 anordnat runt en andra del (18) av det första isolerande  
skiktet och ett andra isolerande skikt (20) av ett fast  
elektriskt isolerande material som omsluter högspännings-  
lindningen och det fältutjämnande organet, varvid det  
fältutjämnande organet innefattar åtminstone ett första  
15 delorgan i form av en lindning (27, 28, 37, 38), varvid  
en elektrisk kabelledare (31) är avsedd att anslutas till  
högspänningslindningen vid det fältutjämnande organet.

2. Elektrisk maskin enligt krav 1, varvid det fält-  
utjämnande organet (19) innefattar ett första och ett  
20 andra delorgan i form av lindningar (27, 28, 37, 38).

3. Elektrisk maskin enligt krav 2, varvid det första  
delorganet är lindat så att det är närliggande utsidan på  
det första isolerande skiktet (14), och varvid det andra  
delorganet är lindat så att det är närliggande insidan på  
25 det andra isolerande skiktet (20).

4. Elektrisk maskin enligt något av krav 2 eller 3,  
varvid nämnda första och andra delorgan var för sig är  
anslutna till en jordanslutning i en ände.

5. Elektrisk maskin enligt krav 2 eller 3, varvid  
30 nämnda första och andra delorgan var för sig är anslutna  
till högspänningslindningen i en ände.

6. Elektrisk maskin enligt krav 2 eller 3, varvid  
nämnda första och andra delorgan var för sig är anslutna  
till en jordanslutning i en första ände och till högspän-  
35 ningslindningen i en andra ände.

7. Elektrisk maskin enligt något av ovanstående  
krav, vilken även innefattar en elektrisk kabelledare

(31) som är omsluten av ett tredje isolerande skikt (32) av ett elektriskt isolerande material, vilken kabelledare är ansluten till högspänningslindningen (17) och delvis anordnad mellan det första och det andra isolerande skiktet (14, 20).

8. Elektrisk maskin enligt krav 1, varvid det fältutjämnande organet (19) är induktivt.

9. Elektrisk maskin enligt något av krav 2-7, varvid det fältutjämnande organet (19) är induktivt. 10. Elektrisk maskin enligt krav 9, varvid antalet lindningsvarv för nämnda första och andra delorgan är lika.

11. Elektrisk maskin enligt krav 9 eller 10, varvid antalet lindningsvarv för nämnda första och andra delorgan är valda så att den inducerade spänningen över vart och ett av delorganen blir den samma som över högspänningslindningen (17) när en växelspanning läggs på högspänningslindningen.

12. Elektrisk maskin enligt krav 2-7 eller 9-11, varvid nämnda första och andra delorgan innefattar var sin lackad tråd (25, 26).

13. Elektrisk maskin enligt krav 1, varvid det fältutjämnande organet (34) är kapacitivt.

14. Elektrisk maskin enligt krav 2-7, varvid det fältutjämnande organet (34) är kapacitivt. 15. Elektrisk maskin enligt krav 14, varvid nämnda första och andra delorgan innefattar var sitt band (35, 36) som lindas i överlappande varv så att en kapacitiv koppling bildas mellan varje varv.

16. Elektrisk maskin enligt krav 15, varvid banden (35, 36) lindas så att en väsentligen linjär spänningsfördelning över delorganens längd erhålles.

17. Elektrisk maskin enligt något av kraven 15-16, varvid banden (35, 36) innefattar en isolerade film (41) och en halvledande film (42).

18. Elektrisk maskin enligt krav 15-16, varvid banden (35, 36) innefattar en metalliserad film med regel-

bundna avbrott i metalliseringen i en längdriktning för filmen.

19. Elektrisk maskin enligt något av ovanstående krav, vilket även innefattar ett första halvledande skikt (13) som är i kontakt med och omslutes av det första isolerande skiktet (14), ett andra halvledande skikt (15) anordnat mellan det första isolerande skiktet och högspänningslindningen (17) i kontakt med både det första isolerande skiktet och högspänningslindningen, ett tredje halvledande skikt (21) anordnat mellan det andra isolerande skiktet (20) och högspänningslindningen i kontakt med både det andra isolerande skiktet och högspänningslindningen, och ett fjärde halvledande skikt (22) som är i kontakt med och omsluter det andra isolerande skiktet.

20. Elektrisk maskin enligt något av ovanstående krav, vilken även innefattar ett flödesskärmsorgan (12) för styrning av ett magnetiskt flöde i kärnan (10), vilket flödesskärmsorgan omsluter kärnan.

21. Elektrisk maskin enligt krav 20, varvid flödesskärmsorganet (12) är anordnat mellan kärnan (10) och det första isolerande skiktet (14).

22. Elektrisk maskin enligt krav 21, varvid flödesskärmsorganet (12) är anordnat mellan kärnan (10) och det första halvledande skiktet (13). 23. Elektrisk maskin enligt krav 20-22, varvid flödesskärmsorganet (12) innefattar ett rör (44) av ett elektriskt ledande ickemagnetiskt material, i vilket rör inducerade strömmar bildas, vilka hindrar flödet från att läcka ut ur kärnan (43) så att en väsentligen linjär spänningsfördelning erhålls över kärnan.

24. Elektrisk maskin enligt krav 23, varvid nämnda rör (52) har en slits (53) längs en längdaxel för kärnan (43) för undvikande av kortslutning av den elektriska maskinen.

25. Elektrisk maskin enligt krav 23-24, varvid nämnda rör (44) är av aluminium.

26. Elektrisk maskin enligt krav 24, varvid en  
slitsisolerande film (54) är anordnad i nämnda slits (53)  
och en aluminiumfolie (55) är anordnad över nämnda slits  
och slitsisolerande film, varvid aluminiumfolien är i  
5 kontakt med röret på slitsens ena sida.

27. Användning av en elektrisk maskin enligt något  
av ovanstående krav, som en transformator för transfor-  
mering av högspänning till nätspänning.

28. Användning av en elektrisk maskin enligt krav  
10 1-26, arbetande mot fyrkantsspänning.

29. Användning enligt krav 27, i tillämpningar med  
högspänd likström.

30. Användning av en elektrisk maskin enligt något  
av ovanstående krav, i en reaktor för utjämnande av  
15 spänning.

9  
2  
7  
7  
0  
0  
0  
0



# SAMMANDRAG

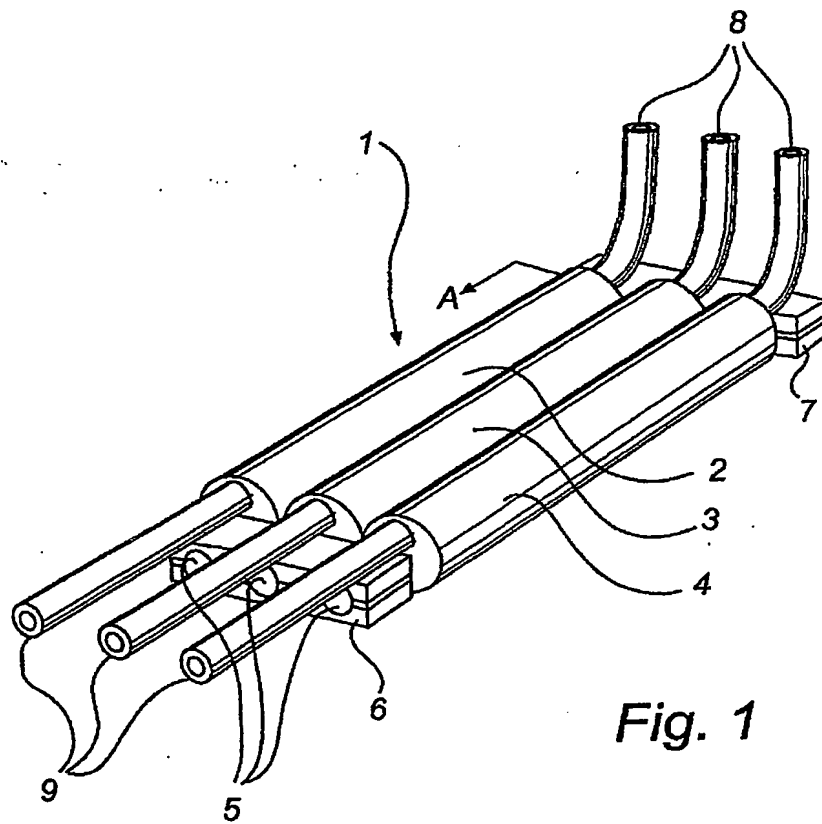
En elektrisk maskin innefattar en kärna (10) av magnetiskt material och ett första isolerande skikt (14) av ett fast elektriskt isolerande material som omsluter kärnan. En högspänningslindning (17) i form av en elektrisk ledare är lindad runt en första del (16) av det första isolerande skiktet och ett fältutjämnande organ (19) är anordnat runt en andra del (18) av det första isolerade skiktet. Vidare omsluter ett andra isolerande skikt (20) av ett fast elektriskt isolerande material högspänningslindningen och det fältutjämnande organet. Det fältutjämnande organet innefattar åtminstone ett första delorgan i form av en lindning (27, 28, 37, 38) och en elektrisk kabelledare (31) är avsedd att anslutas till högspänningslindningen vid det fältutjämnande organet.

20

25

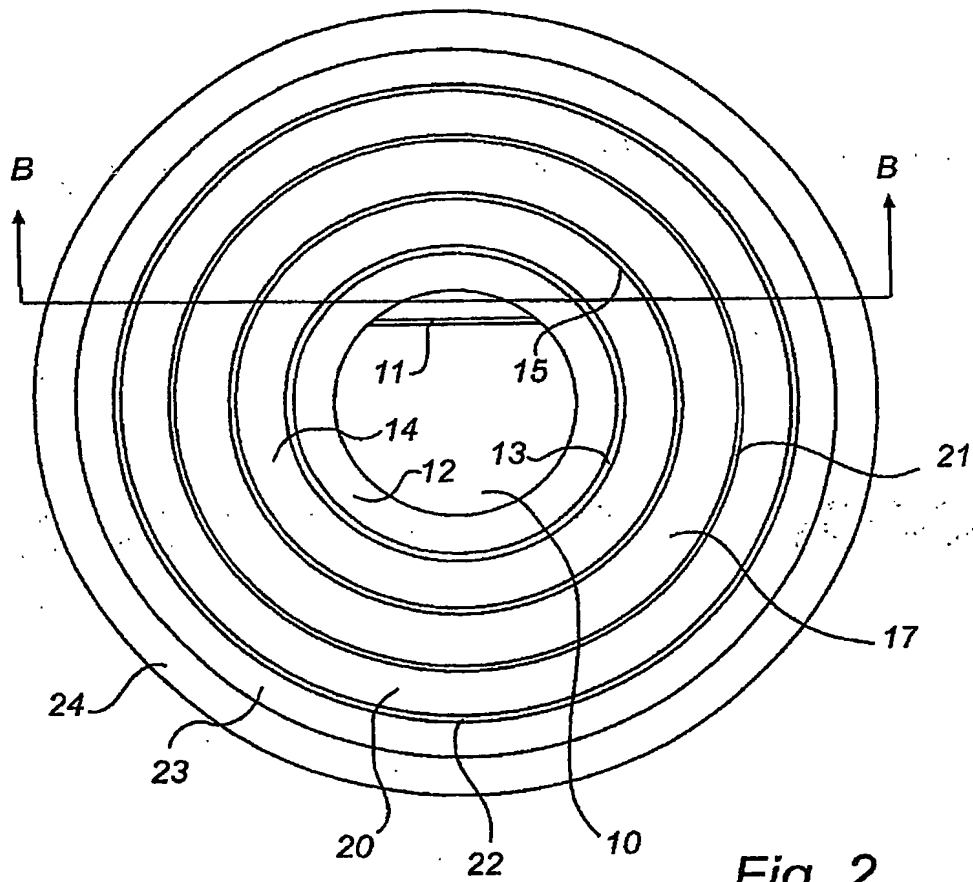
30 Publiceringsbild = Fig 4

0001-251



**Fig. 1**

[illegible]



*Fig. 2*

[illegible]

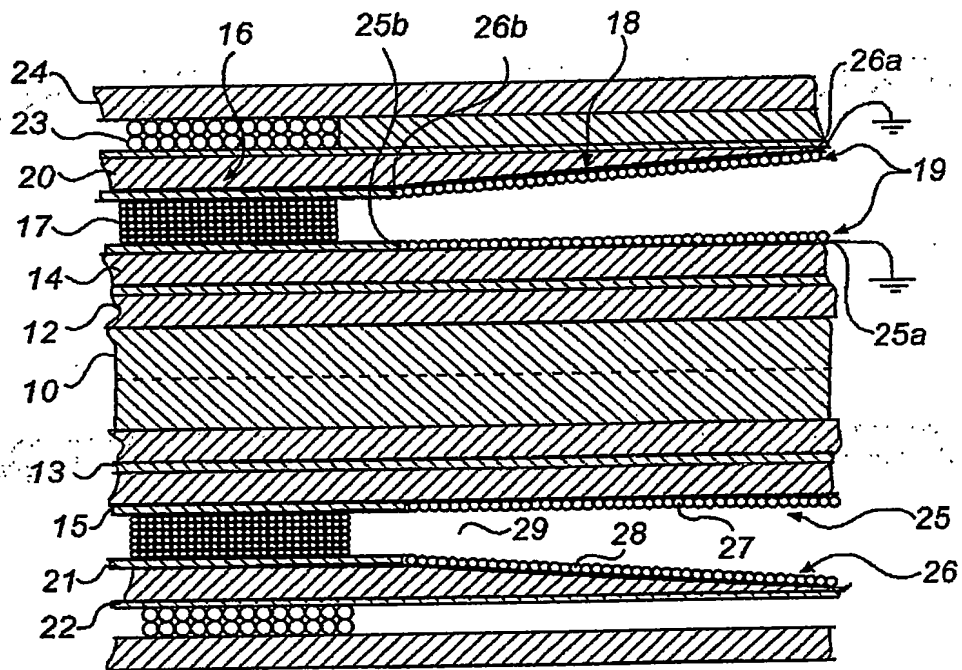


Fig. 3



5/9

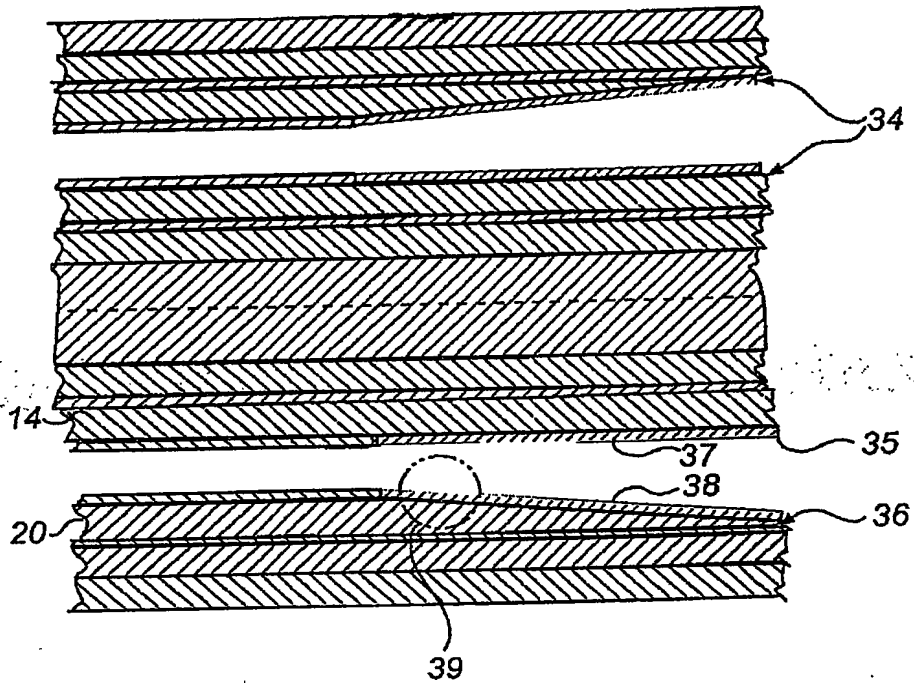


Fig. 5

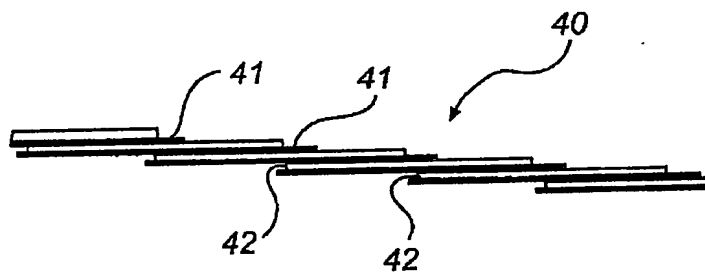


Fig. 6

6/9

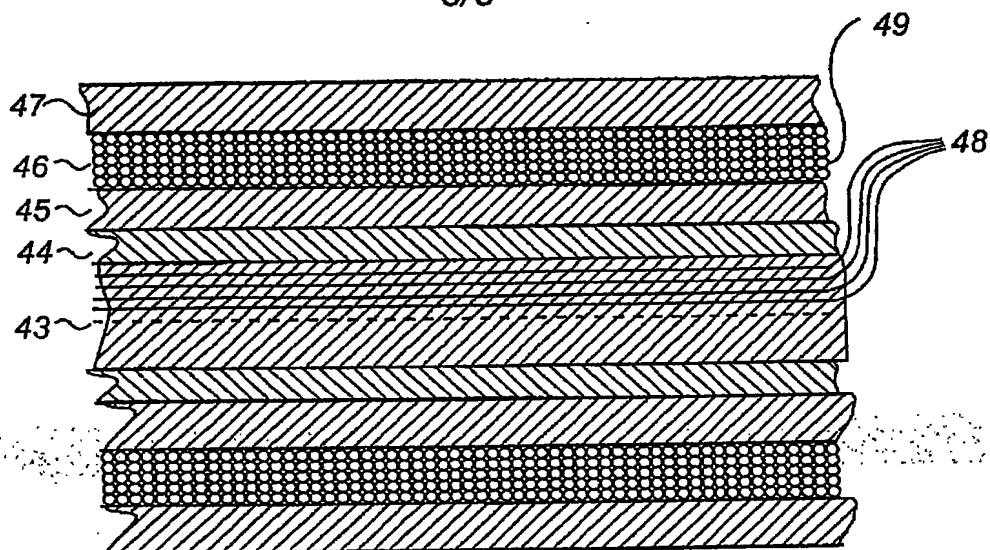


Fig. 7a

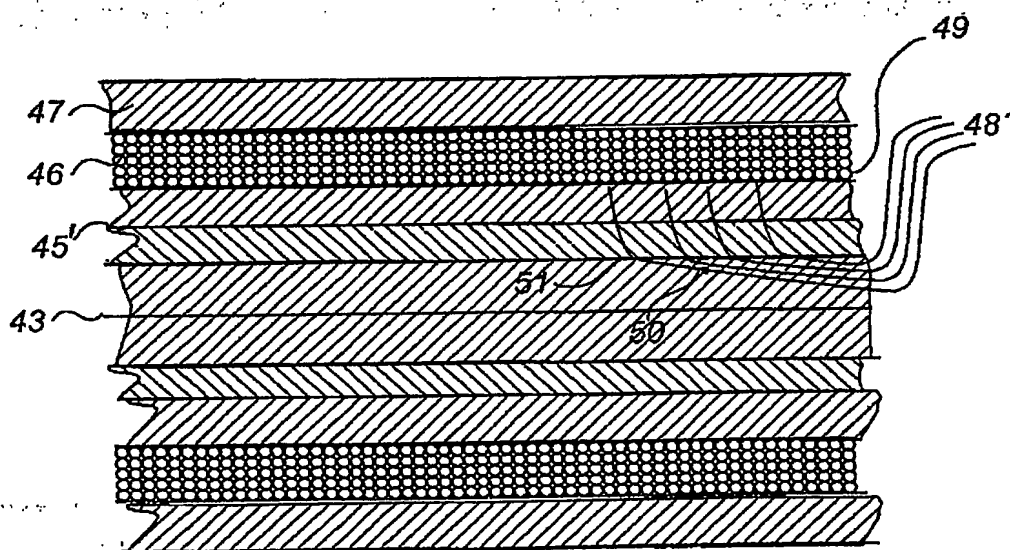
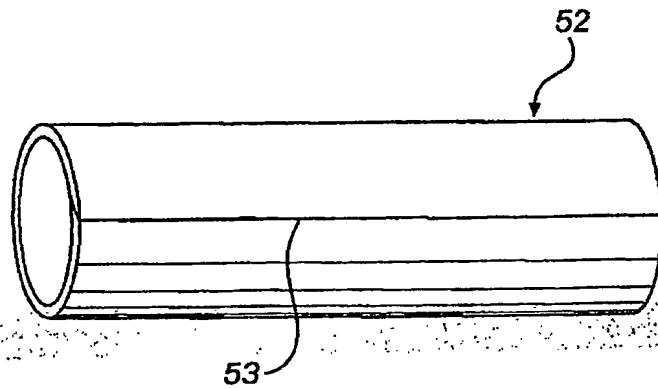
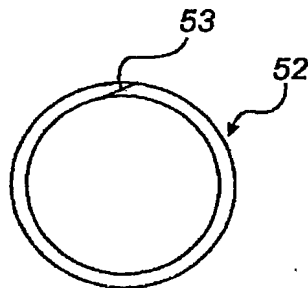


Fig. 7b

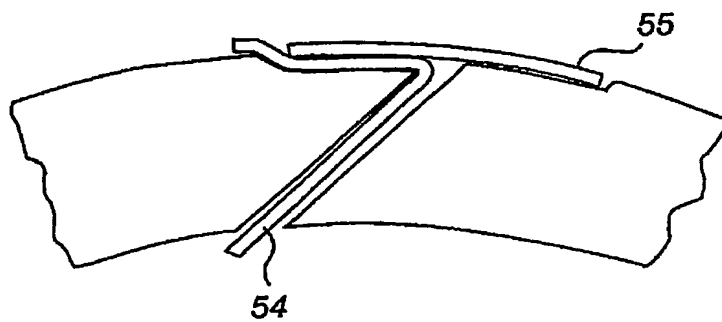
7/9



**Fig. 8a**



**Fig. 8b**



**Fig. 8c**



8/9

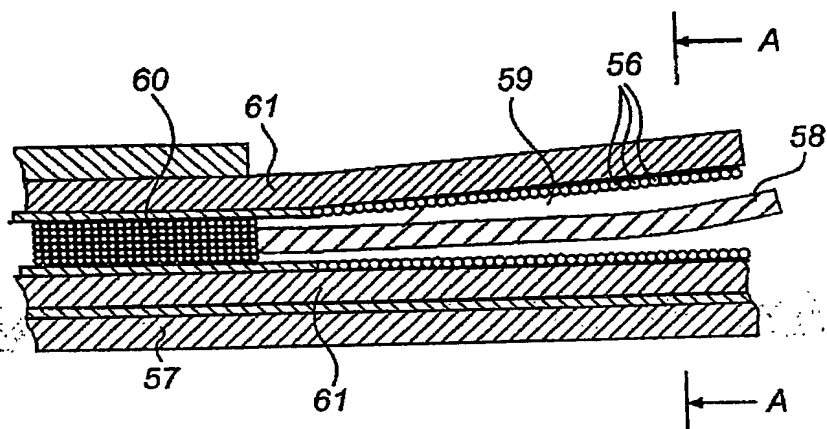


Fig. 9

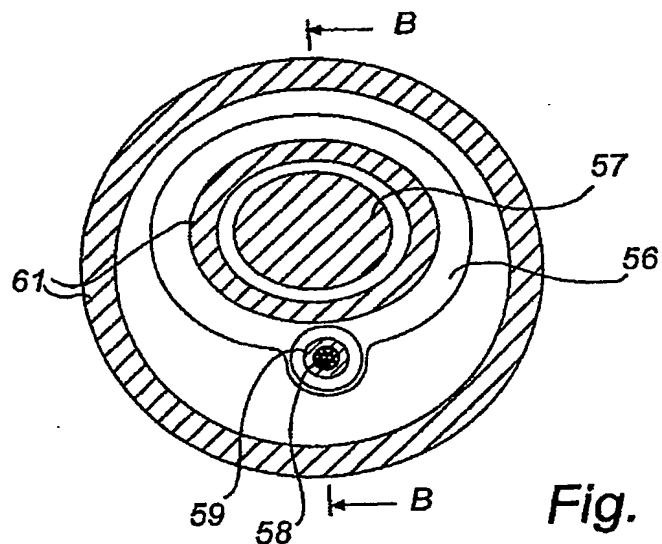


Fig. 10

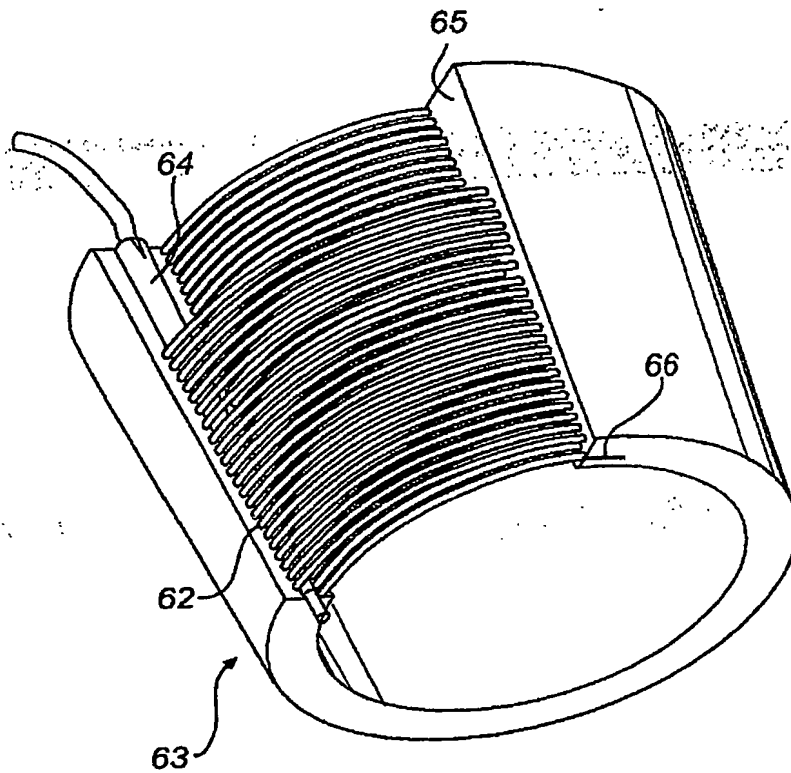


Fig. 11

02-0123-0

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**